

Хассан Муссу Диаб, Алаа Файад Макки, Вараксин Ю.А. Расчет относительных погрешностей измерений магнитных, электрических и температурных параметров плоского ферромагнитного изделия с помощью ТЭД, реализующего экстремальный вихретоковый метод // Наукові праці V-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія - 2006)». –Харків.-2006.–Т.2. – С. 221-226. 9. Себко В.В. Трансформаторный вихретоковый датчик с пластиной, зондируемой полем кратких частот // Український метрологічний журнал. – Харків. – 2007. –Вип.2. – С. 26-29. 10. Себко В.В. Четырехпараметровый вихретоковый метод определения параметров плоских ферромагнитных изделий, основанный на кратких частотах магнитного поля параметрического вихретокового датчика // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007.- №1. – С. 85-92. 11. Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы.-М.: Высшая школа.-1986. -352 с.

«Поступила в редколлегию 20.10.11»

## УДК 621.771

**АЛИЕВА Л.И.** канд. техн. наук, доц., ДГМА, Краматорск  
**АЛИЕВ И.С.** докт. техн. наук, проф., ДГМА, Краматорск  
**АБХАРИ П.Б.** канд. техн. наук, ст. препод. ДГМА, Краматорск  
**ПАТЫК О.В.** студент кафедры ОМД, ДГМА, Краматорск

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАДИАЛЬНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ**

Рассмотрены процессы радиального выдавливания на оправке с односторонней подачей металла. Исследовано формоизменение в процессах радиального выдавливания методом конечных элементов. Установлены геометрические параметры процесса, при которых не происходит образование утяжины. Построены диаграммы для определения наилучших значений параметров процесса радиального выдавливания.

Розглянуто процеси радіального видавлювання на оправці з односторонньої подачею металу. Досліджено формозмінення в процесах радіально видавлювання методом скінчених елементів. Встановлено геометричні параметри процесу при яких не відбувається утворення утяжини. Побудовано діаграми для визначення найкращих параметрів процесу радіального видавлювання.

The one sided process of axisymmetric hollowed radial extrusion is considered. In this process is researched change of deformation in different steps with the finite elements method. Results of deformation components for different steps were shown. It is defined that in certain ratio of geometric parameters will be appeared defect is named dimple. For determining dimple in this process was drawn a diagram on geometric parameters.

На машиностроительных предприятиях значительную часть номенклатуры продукции составляют детали типа втулок и стержней с фланцами. Их зачастую получают высадкой и прямым выдавливанием. Данные способы штамповки достаточно широко известны, но они имеют ограничения связанные с формоизменением. Так, например, прямым выдавливанием невозможно получать низкие фланцы на стержне без образования осевой утяжины или, невозможно высаживать относительно большие фланцы на тонком стержне за один переход, что связано с потерей устойчивости заготовки. Этих недостатков лишен процесс радиального выдавливания, что позволяет рекомендовать его для изготовления

деталей с массивными фланцами и утолщениями различной конфигурации [1–5].

Процесс радиального выдавливания отличается многовариантностью, обусловленной возможностью активного управления подачей металла в приемную полость посредством регулирования кинематики подвижного деформирующего инструмента.

Несмотря на преимущества, способы радиального выдавливания имеют ограничения в технологических рекомендациях по их реализации, что вызывает ряд трудностей, связанных с прогнозированием предельного формоизменения и появления дефектов различного вида [6–8].

Основной проблемой при изготовлении деталей с фланцем является образование утяжины в процессе радиального выдавливания. На возникновение утяжины влияют механические и пластические характеристики материала. Главной задачей для улучшения качества изготавливаемой детали является определение данного дефекта при различных соотношениях размеров выдавливаемой заготовки.

Один из наиболее точных методов определения формоизменения в процессах радиального выдавливания является метод конечных элементов.

Целью данной работы является анализ моделирования процесса радиального выдавливания фланца на трубной заготовке.

Моделирование проводилось на основе метода конечных элементов при помощи программы QForm 2D (рис. 1).

При моделировании процесса использовались следующие параметры:

– механические свойства: материал заготовки АМцМ (кривая истинных напряжений материала описывается функцией  $\sigma_s(\varepsilon) = 188,4 \varepsilon^{0,15}$ , предел текучести  $\sigma_{0,2} = 105$  МПа, модуль Юнга  $E = 75000$  МПа, коэффициент Пуансона  $\nu = 0,3$ , коэффициент трения между материалом заготовки и инструментом  $\mu = 0,05$  (закон Зибеля).

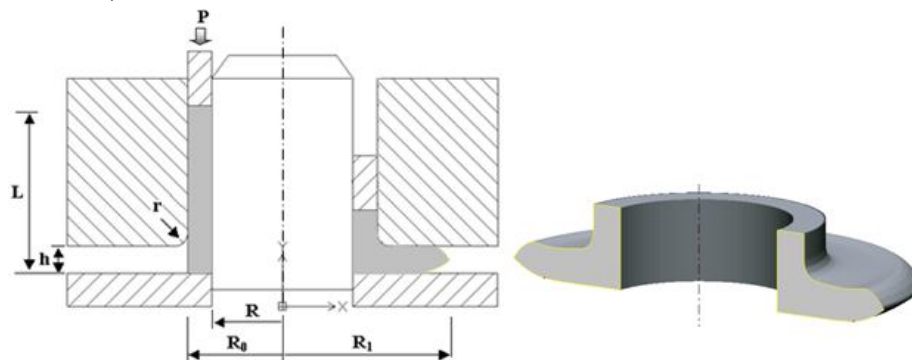


Рис. 1. Схема радиального выдавливания фланца с односторонней подачей

– геометрические параметры процесса:  $R_0$  – наружный радиус заготовки ( $R_0 = 14,1$  мм),  $R$  – внутренний радиус заготовки ( $R = 10,5$  мм),  $t$  – толщина стенки заготовки равная разнице между  $R_0$  и  $R$ ,  $h$  – высота приемной полости для выдавливаемого фланца,  $r$  – радиус скругления кромки инструмента ( $r = 2,0$  мм),  $L$  – высота заготовки ( $L = 25$  мм),  $h/t$  – относительная высота фланца.

В процессе радиального выдавливания было исследовано деформированное

состояние. Результаты приведены на рис. 2.

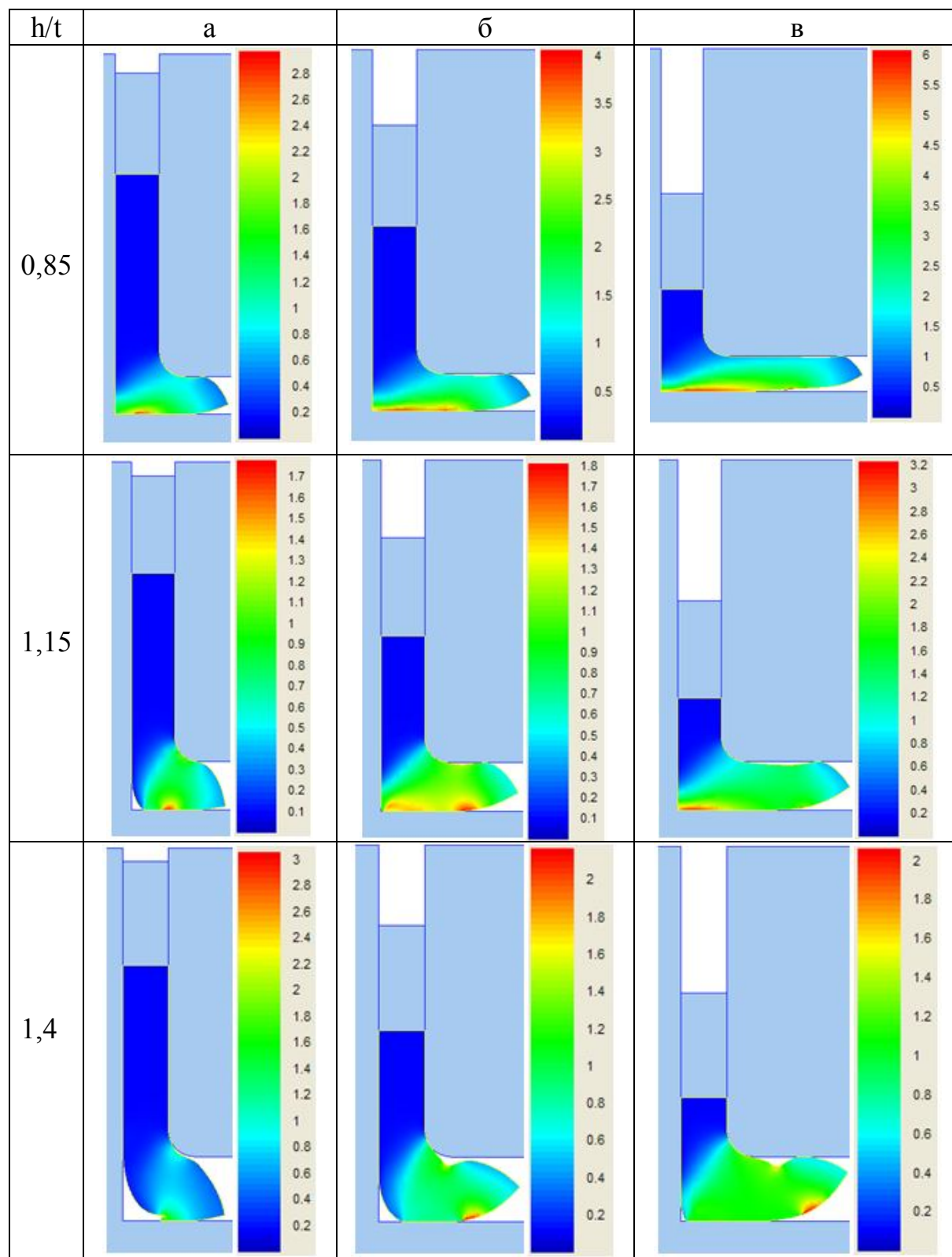


Рис. 2. Распределение интенсивности деформаций в процессе радиального выдавливания при относительном ходе: а –  $(S/R_0)=0,35$ ; б –  $(S/R_0)=0,7$ ; в –  $(S/R_0)=1,0$ .

Анализ характера изменения распределения деформаций показывает, что при уменьшении высоты рабочей полости (толщины фланца) возрастает степень деформации. Наибольшая интенсивность деформаций сосредоточена в нижней

части очага деформации. Высота очага деформаций ограничивается высотой приемной полости под фланец.

В зависимости от хода пуансона происходит постепенное формообразование фланца. Результаты представлены на рис. 3.

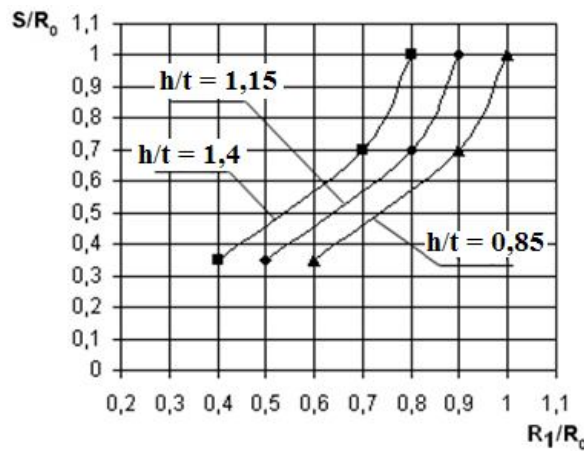


Рис. 3. Диаграмма зависимости относительного хода процесса от геометрических размеров фланца

Из построенной диаграммы видно, что при увеличении относительного хода процесса увеличиваются геометрические размеры фланца. Также стоит отметить, что с увеличением относительной высоты фланца его относительный диаметр будет уменьшаться. Причиной данной закономерности является складкообразование, вызванное появлением дефекта утяжины.

Моделирование процесса радиального выдавливания относительно высоких фланцев характеризуется появлением дефекта утяжины. Дефект возникает при максимальной интенсивности деформаций. По результатам исследований построена диаграмма для определения геометрических размеров процесса радиального выдавливания, при которых не будет происходить образование утяжины. Диаграмма представлена на рис. 4.

Как показывает диаграмма, при назначении геометрических размеров, которые лежат ниже кривой образование утяжины отсутствует. Также диаграмма показывает, что при увеличении высоты приемной полости под фланец возрастает вероятность образования утяжины.

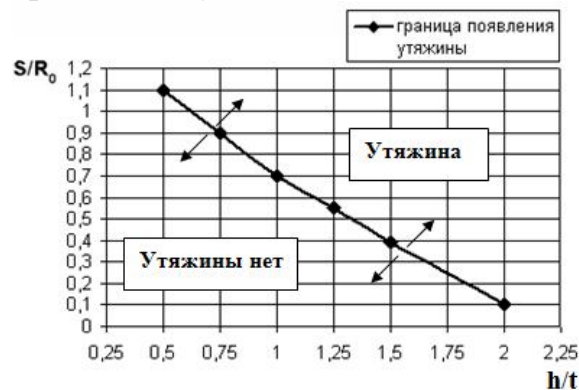


Рис. 4. Диаграмма для определения геометрических параметров в процессе радиального выдавливания фланца с односторонней подачей в нижней части трубы

Проведено экспериментальное исследование получения детали с фланцем. В результате эксперимента установлено, что периферия фланца принимает форму закругления, прилегающего к нижнему торцу фланца и образующего острую кромку. При больших значениях толщины фланца, в зоне перехода закругления к нижнему торцу фланца, может образоваться второе углубление. Причиной данных процессов является образование утяжины. Сравнительные результаты дефектообразования представлены на рис. 5.

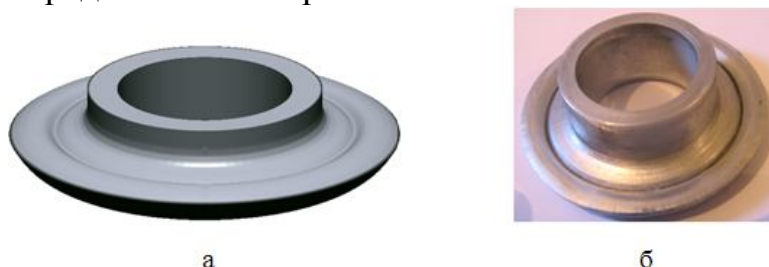


Рис. 5. Сравнение дефектообразования при радиальном выдавливании фланца между моделированием методом конечных элементов в программном комплексе QForm 2D (а), и экспериментом (б)

**Выводы:** выполнено моделирование процесса радиального выдавливания фланца при односторонней подаче.

В ходе исследований установлено, что при выдавливании фланца на конце трубной заготовки появляется такой дефект как утяжина. Построена диаграмма определения геометрических параметров, при которых не возникает утяжины.

Установлена зависимость относительного хода процесса от геометрических параметров фланца.

Исследовано деформированное состояние при разной относительной высоте фланца. Установлено, что максимальная интенсивность деформаций наблюдается в зоне образования дефекта утяжины.

**Список литературы:** 1. Абхари П. Определение величины утяжины в процессе радиального выдавливания / П. Абхари // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції. – Краматорськ, 2009. – 4 с. 2. Алиева Л.И. Формоизменение в процессе радиального выдавливания высоких фланцев / Л.И. Алиева, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Вісник ДДМА. – 2009. – № 1(15). – С. 27–32. 3. Алиев И. С. Моделирование процесса радиального выдавливания фланцев с применением противодавления / И. С. Алиев, Я. Г. Жбанков, Е. И. Коцюбивская // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематичн. зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА, 2006. – С. 53-58. 4. Алиева Л.И. Прогнозирование незаполнения полости штампа в процессе радиального выдавливания / Л.И. Алиева, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Вісник ДДМА. – 2009. – №1(4Е). – С. 8–14 – Режим доступа: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009\\_1/article/09AISCEP.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009_1/article/09AISCEP.pdf). 5. Алиева Л.И. Формообразование утолщений на полых и сплошных заготовках / Л.И. Алиева, Р.С. Борисов // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Тематичн. зб. наук. пр. – Краматорськ-Слов'янськ: ДДМА, 2003. – С. 262-267. 6. Оценка деформируемости заготовок при радиальном выдавливании с противодавлением / Е.И. Коцюбивская, И.О. Сивак, Л.И. Алиева, С.В. Куценко // Обработка металлов давлением. Сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2008. – № 1(19). – С. 29–33. 7. Игнатенко В. Н. Применение холодной объемной штамповки в заготовительном производстве / В. Н. Игнатенко // Обработка металлов давлением. Сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2008. – № 1(19). – С. 168–170. 8. Алиева Л.И. Исследование процессов радиального выдавливания методом конечных элементов / Л.И. Алиева, П. Абхари, Я.Г. Жбанков // Обработка материалов давлением: Сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2009. – № 1 (20). – С. 19–24.